

УДК 621.315.592

## ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИИ КОНТАКТНОЙ СЕТКИ НА ФОТОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ КРЕМНИЕВЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

М.Н.Агаев, М.Г.Гасанов, Л.К.Абдуллаева

Бакинский государственный университет

E-mail: agayevm50@mail.ru

**Ключевые слова:** солнечные элементы (СЭ), *p* - *n* переход, контактная сетка

**Резюме.** Исследованы солнечные элементы (СЭ) на основе *p* – *n* перехода с металлизацией из аморфного металлического сплава  $Al_{80}Ni_{20}$ . Представлены нагрузочные вольтамперные характеристика контактной сетки, которого была выполнена в виде «гребешка». Показано влияние геометрии контактной сетки на фронтальной стороне на параметры кремниевых СЭ.

### Введение

В последние годы проблема лучистой энергии в электрическую приобрела более общий характер. Но создание преобразователей лучистой энергии оказалось возможным лишь при условии теоретического и экспериментального изучения этого вопроса. Появилось огромное количество работ, посвященных исследованию фотовольтаического эффекта в полупроводниках, однако в опубликованных обзорах и монографиях данный вопрос не нашел должного отражения, что и вызвало необходимость систематизировать результаты многочисленных исследований [1,2,3]

По современным представлениям фотовольтаический эффект в полупроводниках основан на явлении пространственного разделения неравновесных электронов и дырок. Поглощение света и фотоионизация увеличивает только энергию электронов и дырок, не разделяя их в пространстве. Следовательно, для возникновения фотовольтаического эффекта должны существовать добавочные причины для разделения неравновесных зарядов различных знаков. Этими причинами являются *p* – *n* переход, гетеропереход и контакт металл – полупроводник.

Возникновение фотовольтаического эффекта на границе металла с полупроводником связано с разделением неравновесных носителей на поверхностном барьере между металлом и полупроводником. Практически этот случай имеет место в специально приготовленных поверхностно – барьерных фотоэлементах.[4,5]

### Результаты и обсуждение

С целью исследования влияния геометрии контактной сетки на фотоэнергетические параметры кремниевых СЭ, были изготовлены три серии образцов в едином технологическом цикле [6]. Все изготовленные образцы имели одинаковую полупроводниковую структуру, но различную геометрию контактной сетки.

В данной работе были исследованы характеристика контактной сетки, которого была выполнена в виде «гребешка».

Известно что, солнечный элемент (по-другому он еще именуется фотоэлемент) – это прибор, состоящий из полупроводников, основным предназначением которого является трансформация энергии света в ток. Научной основой рассматриваемого преобразования служит явление фотоэффекта.

При изготовлении солнечных элементов был использован кремний *p*-типа КДБ10 ( $N_A=1 \cdot 10^{16} \text{см}^{-3}$ ), для образования резкого *p*-*n*-перехода, методом диффузии фосфора, в кремниевой пластине создается сильнолегированный слой *n*-типа ( $N_D=1 \cdot 10^{20} \text{см}^{-3}$ ) глубиной 0,3мкм, одновременно позволивший создать омический контакт к данной области полупроводника. Потенциальный барьер на изотипном переходе, полученный подлегированием базовой области с тыльной стороны пластины ( $N_A=1 \cdot 10^{17} \text{см}^{-3}$ ), отражает неосновные носители от тыльного

контакта, увеличивая их эффективную длину, и фактически сводит к нулю скорость поверхностной рекомбинации на границе раздела базовой область – тыльный металлический контакт. А также при изготовлении СЭ большое внимание уделяется обеспечению малых шунтирующих токов и разработке технологии изготовления приборов с минимально возможным последовательным сопротивлением. Последовательное сопротивление  $R_{\text{п}}$ , связанное с влиянием контактной сетки, определяется суммой трех составляющих. Первая составляющая связана с растеканием фототока в верхнем слое полупроводника между полосами контактной сетки. Вторая из них представляет собой переходное контактное сопротивление между металлической сеткой и полупроводником (которое должно быть достаточно малым для того, чтобы обеспечить как можно меньшее падение напряжения на этой границе раздела). Существование третьей составляющей вызвано сопротивлением металлических полос сетки (улучшить условия для протекания тока к токоотъемной дорожке можно, увеличив толщину и ширину полос). При определении фотоэнергетических параметров исследуемых кремниевых СЭ пользовались методами, описанными в работе [7,8].

На рис. 1. показано геометрия контакта сеток исследуемого солнечного элемента, выполненном в виде «гребешка».

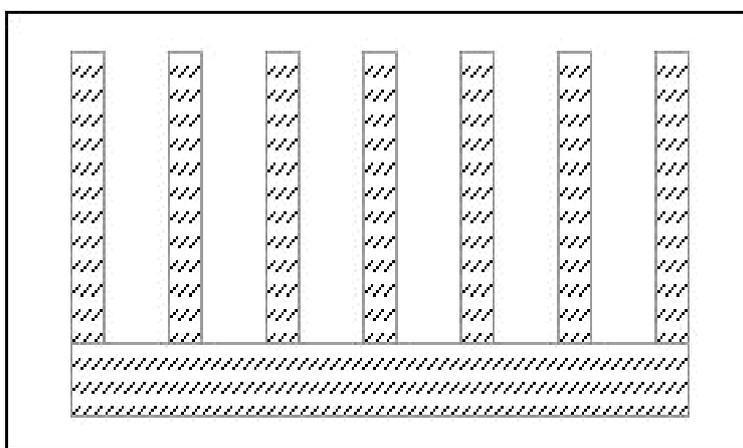


Рис. 1. Геометрия контактных сеток исследуемого солнечного элемента

В работе представлены вольтамперные нагрузочные характеристики СЭ, из которых определена максимальная выходная мощность и К.П.Д. Измерены значения шунтирующего  $R_{\text{ш}}$  и последовательного сопротивлений  $R_{\text{п}}$ , величина обратного тока насыщения  $I_0$  и коэффициент  $A$  характеризующей степень рекомбинации в  $p-n$  – переходе [5 - 10]. Источник света был проградуирован при помощи эталонного солнечного элемента.

Для снятия нагрузочных вольтамперных характеристик использовалась широко применяемая методика а методика «наибольшей площади» позволила определить оптимальные значения тока  $I_{\text{опт}}$  и напряжения  $U_{\text{опт}}$ . Для нахождения максимальной выходной мощности  $P_{\text{max}}$  выделяемой на нагрузке и КПД использовался хорошо известные формулы. Шунтирующие сопротивления  $R_{\text{ш}}$  определено из ВАХ в диодном режиме а последовательное сопротивление  $R_{\text{п}}$  из нагрузочной ВАХ.

Обобщённые значения параметров исследуемого солнечного элемента, определённые из нагрузочной ВАХ при значении мощности падающего излучения =  $100 \text{ мВт} / \text{см}^2$  и  $T=300 \text{ К}$  показана в Таблице 1.

На Рис. 2 приведены нагрузочные ВАХ, а на Рис. 3 зависимости выходной мощности выделяемой на нагрузке от напряжения на нагрузке исследуемого солнечного элемента при  $100 \text{ мВт} / \text{см}^2$  и  $T=300 \text{ К}$ .

Таблица 1

Нагрузочной ВАХ при значении мощности падающего излучения 100 мВт / см<sup>2</sup> и T=300 К

$P_{\text{изл}}$ , мВт/см <sup>2</sup>	$I_{\text{кз}}$ , мА	$U_{\text{хх}}$ , В	$I_{\text{опт}}$ , мА	$U_{\text{опт}}$ , В	$R_{\text{п}}$ , Ом	$R_{\text{ш}}$ , кОм	A		$S_i$ , мА/мВт	$P_{\text{мак}}$ , мВт	КПД, %
100	30,0	0,541	28,57	0,412	1,769	6,78	2,3		300	11,77	11,77

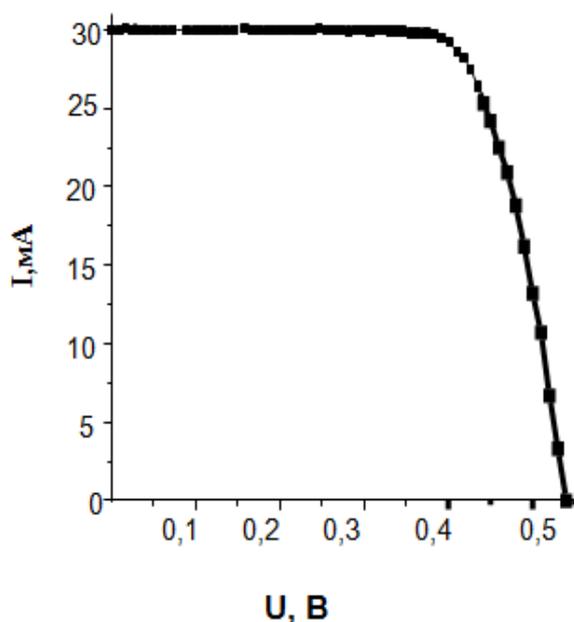


Рис. 2. Нагрузочная характеристика исследуемого солнечного элемента

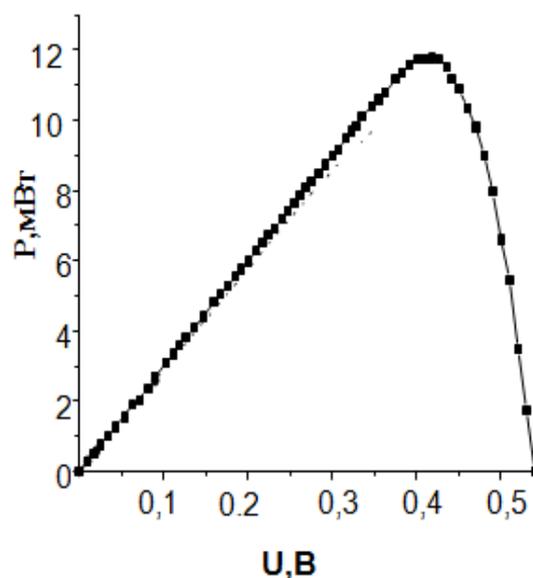


Рис. 3. График выходной мощности выделяемой на нагрузке от напряжения на нагрузке

**Заключение.** Из выполненных исследований следует что, подбором геометрии контактной сетки, можно добиться получения образца с наилучшими параметрами для определенного типа СЭ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Nizhegorodov A. I. Modeling the Transfer of Radiant Energy to a Bulk Medium in Electric Furnaces with the Upper Position of Radiating Elements //Refractories and Industrial Ceramics, 2020, т. 61, №. 1, с. 25-30.
2. L'Ecuyer T. S. et al. The polar radiant energy in the far infrared experiment: A new perspective on polar longwave energy exchanges //Bulletin of the American Meteorological Society, 2021, т. 102, №. 7, E1431-e1449.
3. Inam H., Al-Turjman F. Intelligent free energy usage through radiant energy space phenomenon: An IoT-powered prototype for modified Bedini generator //Microprocessors and Microsystems, 2021, с. 104319.
4. Guseynov N/A., Askerov Sh.Q., Aslanov Sh.S., Agaev M.N. Gasanov M.H. , Technology of getting of reliable silicon photoconverters with long service life //Semiconductor Physics Quantum //Optoelectronics , 2005.V.8., № 3, p.101 – 104.
5. Jin B, et al. Excellent excitonic photovoltaic effect in 2D CsPbBr3/CdS heterostructures //Advanced Functional Materials. , 2020, 30, 49, 2006166.
6. Peng L., Xie W. Theoretical and experimental investigations on the bulk photovoltaic effect in lead-free perovskites MASnI 3 and FASnI 3 //RSC advances, 2020, т. 10, №. 25, p. 14679-14688.
7. Аскеров Ш.Г., Гусейнов Н.А., Асланов Ш.С.,Агаев М.Н., Гасанов М.Г., Определение основных параметров фотопреобразователей // Вестник Бакинского Университета, серия физико – математических наук , 2005, № 2, с. 86 -89.

8. Каганович Э.Б., Свечников С.В. Метод измерения контактного сопротивления полупроводниковых планарных структур ( обзор) // ОПТ, 1991, № 21, с. 1- 11.
9. Guseynov N.A., Askerov Sh.G., Agaev M.N. et al. Determination of key parameter of solar cell determining efficiency /The Eighth Baku International congress “Energy, Ecology, Economy”. Baku, 2005, p. 657-658.
10. Бакиров М.Я. Аналитические выражения дозовых зависимостей фотоэнергетических параметров солнечных элементов // Гелиотехника, 1993, №10, с.70-71.

### КОНТАКТ ŞƏBƏKƏSİ HƏNDƏSİNİN SİLİSIUM GÜNƏŞ ELEMENTİNİN FOTOENERJİ PARAMETRELƏRİNƏ TƏSİRİ

**M.H.Ağayev, M.H.Həsənov, L.K.Abdullayeva**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*E-mail: agayevm50@mail.ru*

**Xülasə.** Məqalədə  $Al_{80}Ni_{20}$  amorf metal ərintisi ilə metallaşdırılmış p-n birləşməsinə əsaslanan günəş elementi (GE) tədqiq edilmişdir. Darağ şəkilli kontakt şəbəkəsinə malik olan Günəş elementinin volt – amper xarakteristikası və yük müqavimətində olan gərginlikdən çıxış gücünün asılılıq qrafiki göstərilmişdir. Ön tərəfdəki kontakt şəbəkəsinin həndəsəsinin silisium Günəş elementinin parametrlərinə təsiri öyrənilmişdir.

**Açar sözlər:** günəş elementləri (GE), p-n keçidi, kontakt şəbəkəsi.

### EFFECTS OF CONTACT GRID GEOMETRY ON PHOTOENERGY PARAMETERS OF SILICON SOLAR CELLS

**M.N.Agaev, M.G.Gasanov, L.K.Abdullayeva**

*Baku State University*

*E-mail: agayevm50@mail.ru*

**Abstract.** Solar cells (SC) based on p – n junction with metallization from an amorphous metal alloy  $Al_{80}Ni_{20}$  have been studied. The effect of the geometry of the contact grid on the front side on the parameters of silicon SCs is shown.

**Keywords:** solar cells (SC), p-p junction, contact grid.